

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-168793

(43)Date of publication of application : 14.06.2002

(51)Int.Cl.

G01N 21/95

G01B 11/30

G11B 5/84

(21)Application number : 2000-365136

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD

(22)Date of filing : 30.11.2000

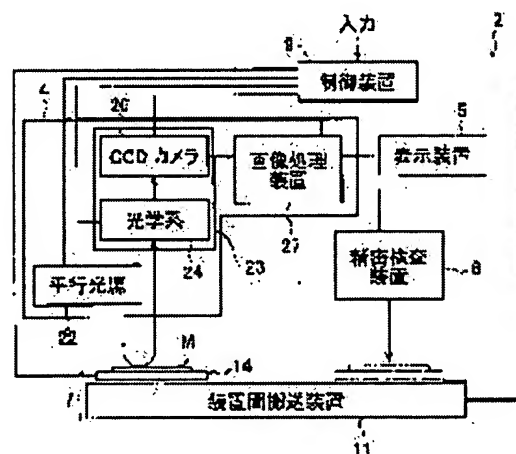
(72)Inventor : DOSHITA HIROAKI

(54) SURFACE DEFECT INSPECTION DEVICE AND SURFACE DEFECT INSPECTION METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a surface defect inspection device and a surface defect inspection method used in an off-line system, capable of detecting easily a minute hollow, a projection or the like as a defect, inspecting the concrete shape, the magnitude or the like of the defect easily and precisely, executing easily clarification of a generation cause of the surface defect, determination of the effect by a countermeasure or the like, and coping with an extremely thin flexible magnetic disc.

SOLUTION: This surface defect inspection device has an automatic defect detection device for irradiating perpendicularly an inspection object with parallel rays, receiving light reflected by the inspection object to image the object by an imaging device, executing image processing thereof, detecting the defect, and recording position information of the defect of the whole inspection object, a display device for displaying the position information of the defect, a close examination device for executing close examination of the designated defect, and an inspection object conveyance device for moving the defect of the inspection object to the lower side of the close examination device.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.09.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-168793

(P2002-168793A)

(43) 公開日 平成14年6月14日 (2002. 6. 14)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード* (参考)

G 0 1 N 21/95

G 0 1 N 21/95

A 2 F 0 6 5

G 0 1 B 11/30

G 0 1 B 11/30

A 2 G 0 5 1

G 1 1 B 5/84

G 1 1 B 5/84

C 5 D 1 1 2

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-365136(P2000-365136)

(22) 出願日 平成12年11月30日 (2000. 11. 30)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72) 発明者 堂下 廣昭

神奈川県小田原市扇町2丁目12番1号 富

士写真フイルム株式会社内

(74) 代理人 100080159

弁理士 渡辺 望稔

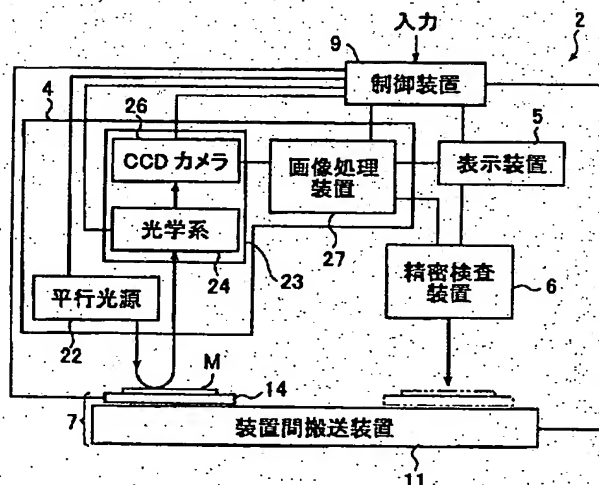
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面欠陥検査装置および表面欠陥検査方法

(57) 【要約】

【課題】微小なくぼみや突起等を欠陥として容易に検出することができるとともに、欠陥の具体的な形状や大きさ等を容易かつ精密に検査することでき、表面欠陥の発生原因の解明や対策による効果の判定等を容易に行うことができ、かつ、極めて薄くフレキシブルな磁気ディスクにも対応することができるオフラインで使用する表面欠陥検査装置および表面欠陥検査方法を提供する。

【解決手段】検査対象物に直角に平行光線を照射し、検査対象物で反射した光を受光して撮像装置で撮像し、画像処理して欠陥を検出して検査対象物全体の欠陥の位置情報を記録する自動欠陥検出装置と、欠陥の位置情報を表示する表示装置と、指定された欠陥を精密検査する精密検査装置と、検査対象物の欠陥を精密検査装置の下方に移動する検査対象物搬送装置とを有する表面欠陥検査装置によって達成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】平面状の検査対象物の表面の欠陥を検査する表面欠陥検査装置であって、

前記検査対象物の表面に直角に平行光線を照射する光源と、この平行光線の前記検査対象物の表面から反射した反射光を受光して撮像する撮像装置と、この撮像装置で撮像された画像を画像処理して前記検査対象物の表面の欠陥を検出し、欠陥の位置情報を求める画像処理装置とを有する自動欠陥検出装置と、

この自動欠陥検出装置で検出した欠陥の位置情報に基づき指定された、前記検査対象物の表面の欠陥を精密検査する精密検査装置と、

前記指定された欠陥の位置情報に基づいて、前記指定された欠陥を前記精密検査装置の検査位置に移動する検査対象物搬送装置とを有することを特徴とする表面欠陥検査装置。

【請求項2】請求項1に記載の表面欠陥検査装置であって、

前記自動欠陥検出装置で検出した欠陥の位置情報を表示する表示装置を備え、この表示装置は、検査対象物の検査表面全体における、検出された欠陥の位置の分布を表示し、この表示された分布の表示画面に基づき欠陥の指定が行われることを特徴とする表面欠陥検査装置。

【請求項3】前記撮像装置は、反射光を集束させるテレセントリック光学系と、集束した反射光の像を撮像する撮像素子と、前記テレセントリック光学系と前記撮像素子との間に開口絞りとを備えたことを特徴とする請求項1または2に記載の表面欠陥検査装置。

【請求項4】前記撮像装置は、前記撮像装置の視野と同じかこれより僅かに小さな複数個のエリアに分割された検査対象物の表面を、エリア毎に順番に撮像するものであることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の表面欠陥検査装置。

【請求項5】前記画像処理装置は、撮像装置で撮像された画像に対してハイパスフィルタ処理を施すことを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の表面欠陥検査装置。

【請求項6】前記自動欠陥検出装置で検出される欠陥の大きさは、 $1.0\mu\text{m}$ ～ $500\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の表面欠陥検査装置。

【請求項7】前記精密検査装置は、少なくとも微分干渉顕微鏡および2光束干渉顕微鏡を有し、これらの顕微鏡が切り換え可能であることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の表面欠陥検査装置。

【請求項8】平面状の検査対象物の表面に直角に平行光線を照射し、この平行光線が前記検査対象物の表面で反射した光を撮像する撮像工程と、この撮像工程で撮像した画像の画像信号値を所定の閾値と比較して欠陥を検出する欠陥検出工程とからなる自動欠陥検出工程と、この自動欠陥検出工程で検出された欠陥の中から指定された

欠陥を精密に検査する精密検査工程とを有することを特徴とする表面欠陥検査方法。

【請求項9】前記撮像工程は、前記撮像装置の視野と同じかこれより僅かに小さな複数個のエリアに分割された検査対象物の表面を、エリア毎に順番に撮像することを特徴とする請求項8に記載の表面欠陥検査方法。

【請求項10】前記精密検査工程は、検査対象物の検査表面全体についての前記自動欠陥検出工程が行われた後、行われることを特徴とする請求項8または9に記載の表面欠陥検査方法。

【請求項11】前記精密検査工程は、少なくとも微分干渉顕微鏡および2光束干渉顕微鏡を含む複数種類の異なった検査手段の中から検査手段を選択して精密検査を行うことを特徴とする請求項8～10のいずれかに記載の表面欠陥検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、平面状の検査対象物の表面の欠陥を検査する表面欠陥検査装置およびこの表面欠陥装置に好適に適用される表面欠陥検査方法に関するものであり、特に、H I - F D (High Capacity Floppy Disk)やZ I P (米国アイオメガ社の登録商標)等の磁気ディスクのような表面が平滑に仕上げられた磁気記録媒体の表面に生じるくぼみや突起等の表面欠陥の大きさや形状をオフラインで検査し、その生成原因の解明や対策による効果の判定等を行うのに適した表面欠陥検査装置およびこの表面欠陥検査装置に好適に適用される表面欠陥検査方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年の磁気記録媒体の高密度化に伴い、磁気記録媒体に記録される信号の記録波長はより短く、トラック幅はより狭くなっている。このため、これまでほとんど問題にならなかった程度の磁気記録媒体の表面に発生する微小な欠陥も記録のドロップアウトやエラーの原因となり、より微小な欠陥の発生も許されなくなってきた。

【0003】また、磁気ディスクの記録方式として、磁気抵抗ヘッドを使用した固定ヘッドストレージシステムを使用することが増加し、多くの磁気記録装置に採用されるようになってきた。この固定ヘッドストレージシステムに使用される磁気抵抗ヘッドは、磁気記録媒体である磁気ディスクの突起と接触すると摩擦熱で瞬間的に温度が上昇し、この温度の上昇によって磁気抵抗ヘッドの抵抗が変化して出力電圧が変動するサーマルアスペリティが生じることが知られている。

【0004】このため、磁気記録媒体、特に固定ヘッドストレージシステムに使用する磁気ディスクは、従来許容されていた微小な突起状の欠陥も許されないものとなり、従来よりもさらに、ドロップアウトの原因となるくぼみやサーマルアスペリティの原因となる突起等の微小

な欠陥のない磁気ディスクを製造することが求められている。そして、固定ヘッドストレージシステムが多くの磁気記録装置に採用されるようになってきたことによって、表面が平滑に仕上げられた磁気記録媒体も、極めて薄くフレキシブルなものが使用されるようになってきた。

【0005】従来技術におけるオフラインの表面欠陥検査装置では、通常の微分干渉顕微鏡または2光束干渉顕微鏡を使用し、あるいは光干渉やレーザーを用いた形状計測器やAFM（原子間力顕微鏡）を使用して磁気ディスクに発生したくぼみや突起等の欠陥をサーチし、発見した欠陥の大きさや形状を検査していた。しかしながら、従来よりもさらに微小なくぼみや突起が欠陥として数えられるようになり、この微小な欠陥の数もさらに少なくすることが求められるようになると、従来技術におけるオフラインの表面欠陥検査装置では欠陥の検査が次第に困難になってきた。

【0006】すなわち、従来よりもさらに微小となった欠陥を発見するためには顕微鏡の倍率を上げて検査しなければならないが、倍率を上げた顕微鏡で数が大幅に減少したくぼみや突起等の欠陥を漏れなく発見することは、長時間集中しなければならない非常に根気のいる作業となり、精神的な負担も大きくなり疲労も倍加することになる。このため、倍率が低く欠陥を発見しやすいタイプの顕微鏡で欠陥をサーチし、この欠陥を倍率が高く欠陥の詳細な形状を確認できる顕微鏡で検査することも考えられるが、2台の異なった顕微鏡の間を磁気ディスクを移動して検査するのでは、顕微鏡に磁気ディスクをセットする位置の再現性がなく、さらに、位置の指定もあいまいであって、欠陥を再発見するまでに、相変わらず相当の手間が掛かっていた。

【0007】さらに、磁気ディスクが極めて薄くフレキシブルなものになると、載物台上に載置した磁気ディスクに波打ちや反り等の変形が生じるようになり、この変形によって焦点のボケや照明光の反射方向の変動が生じるようになり、欠陥を発見することが困難になってしまうなどの問題が生じていた。

【0008】特開平10-253543号公報には、磁気記録媒体であるハードディスク用基板を製造過程で全数検査するために、被検査基板（ハードディスク用基板）の検査面に対して直角に平行光を照射する平行光照射手段と、前記平行光の被検査基板からの反射光を受光して撮像する光学装置に接続された撮像装置と、この撮像装置により撮像された画像から検査面上の欠陥を検出する欠陥検出手段等を有する基板外観検査装置が開示されている。また、特開平7-325036号公報には、この基板外観検査装置に使用される撮像装置と同様の光学装置に接続された撮像装置が開示されている。

【0009】特開平10-253543号公報に開示されている基板外観検査装置は、撮像装置によって撮像さ

れた画像を画像処理して欠陥を検出し、この欠陥の位置や欠陥の内容を記録するものであるが、オンラインの全数検査装置であるため、欠陥の形状を推定して処理するにとどまっている。すなわち、上記基板外観検査装置は、欠陥の個々の形状等は全く考慮に入れておらず、突起か凹部かを判断し、画像から測定した欠陥の面積から欠陥の体積を推定し、これからMCF（メディアサーティファイヤ換算値）を計算して、このMCFによるエラーカウント値によって製品（磁気記録媒体）の品質によるランク分けを行うものである。

【0010】そのため、この基板外観検査装置では欠陥の具体的な形状等に関する情報は全く得られず、生成原因の全く異なる欠陥、例えばピンホール状の凹部とスクラッチ状の傷との区別もなく、磁気記録媒体の表面に生じるくぼみや突起等の表面欠陥の発生原因の解明や対策による効果の判定等を行うための検査装置としては使用することができず、このような検査装置としてオフラインで検査するための要件について示唆するものもない。また、上記公報における検査装置は、検査対象の円盤状の基板中央部を、スピンドルを用いて水平に保持するだけであるので、フレキシブルな磁気ディスクでは、磁気ディスクの変形により欠陥の検出が困難となる。このような問題は、フレキシブル磁気ディスクのみならず、高密度記録の要求されるビデオテープやDDS（Digital Data Storage）テープ等、表面に平滑性の要求されるフレキシブルな試料にも共通の問題として発生する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、このような問題点を解決して、従来よりもさらに微小なくぼみや突起等を欠陥として容易に検出するとともに、欠陥の具体的な形状や大きさ等を容易に検査することができ、その結果、表面欠陥の発生原因の解明や対策による効果の判定等を行うことが可能となり、かつ、極めて薄くフレキシブルな試料、例えばフレキシブルな磁気ディスクにも対応することができるオフラインで使用する表面欠陥検査装置および表面欠陥検査方法を提供しようとするものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】これらの課題の解決は、平面状の検査対象物の表面の欠陥を検査する表面欠陥検査装置であって、前記検査対象物の表面に直角に平行光線を照射する光源と、この平行光線の前記検査対象物の表面から反射した反射光を受光して撮像する撮像装置と、この撮像装置で撮像された画像を画像処理して前記検査対象物の表面の欠陥を検出し、欠陥の位置情報を求める画像処理装置とを有する自動欠陥検出装置と、この自動欠陥検出装置で検出した欠陥の位置情報に基づき指定された、前記検査対象物の表面の欠陥を精密検査する精密検査装置と、前記指定された欠陥の位置情報に基づいて、前記指定された欠陥を前記精密検査装置の検査位

置に移動する検査対象物搬送装置とを有することを特徴とする表面欠陥検査装置によって達成される。

【0013】ここで、前記表面欠陥検査装置は、前記自動欠陥検出装置で検出した欠陥の位置情報を表示する表示装置を備え、この表示装置は、検査対象物の検査表面全体における、検出された欠陥の位置の分布を表示し、この表示された分布の表示画面に基づき欠陥の指定が行われるのが好ましい。また、前記撮像装置は、反射光を集束させるテレセントリック光学系と、集束した反射光の像を撮像する撮像素子と、前記テレセントリック光学系と前記撮像素子との間に開口絞りとを備えるのが好ましい。さらに、前記撮像装置は、前記撮像装置の視野と同じかこれより僅かに小さな複数のエリアに分割された検査対象物の表面を、エリア毎に順番に撮像するのが好ましく、前記画像処理装置は、撮像装置で撮像された画像に対してハイパスフィルタ処理を施すのが好ましい。また、前記自動欠陥検出装置で検出される欠陥の大きさは、 $10\mu\text{m}$ ～ $500\mu\text{m}$ であるのが好ましい。また、前記精密検査装置は、少なくとも微分干渉顕微鏡および2光束干渉顕微鏡を有し、これらの顕微鏡が切り換え可能であるのが好ましい。

【0014】また、上記課題の解決は、平面状の検査対象物の表面に直角に平行光線を照射し、この平行光線が前記検査対象物の表面で反射した光を撮像する撮像工程と、この撮像工程で撮像した画像の画像信号値を所定の閾値と比較して欠陥を検出する欠陥検出工程とからなる自動欠陥検出工程と、この自動欠陥検出工程で検出された欠陥の中から指定された欠陥を精密に検査する精密検査工程とを有することを特徴とする表面欠陥検査方法によって達成される。

【0015】また、前記撮像工程は、前記撮像装置の視野と同じかこれより僅かに小さな複数のエリアに分割された検査対象物の表面を、エリア毎に順番に撮像するのが好ましく、前記精密検査工程は、検査対象物の検査表面全体についての前記自動欠陥検出工程が行われた後、行われることが好ましい。また、前記精密検査工程は、少なくとも微分干渉顕微鏡および2光束干渉顕微鏡を含む複数種類の異なった検査手段の中から検査手段を選択して精密検査を行うのが好ましい。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の表面欠陥検査装置および表面欠陥検査方法について、添付の図面に示される好適実施例に基づいて説明する。なお、本発明の検査対象物は、光ディスク、磁気ディスク、磁気テープ、磁気カード、IC基板、プリント基板、さらには、ガラスやプラスチックや金属等の基体やフレキシブルな基体の上に塗布される平面状の中間製品も含まれる。以降では、磁気ディスクや磁気テープ等のフレキシブルな磁気記録媒体Mを例として説明する。

【0017】図1は、本発明の表面欠陥検査装置の好適

実施例である表面欠陥検査装置2の構成を示している。表面欠陥検査装置2は、自動欠陥検出装置4と、表示装置5と、精密検査装置6と、検査対象物搬送装置7と、さらに、制御装置9を有して構成される。

【0018】図2および図3は、自動欠陥検出装置4と精密検査装置6の機構部分の構成を示す図であって、図2は平面図、図3は正面図であり、図4はフロッピー（登録商標）ディスクの磁気ディスクのような環状の磁気記録媒体MをXYテーブル上の載物台に載置した状態を示す図であって（a）は平面図、（b）は断面図、図5は四角形の磁気記録媒体を検査対象物としてXYテーブル上の載物台に載置した状態を示す平面図である。なお、図2および図3では、画像処理装置27は省略されている。

【0019】本実施例の表面欠陥検査装置2は、図2および図3に示すように、左側に自動欠陥検出装置4が、右側に精密検査装置6が配置されている。そして、表面欠陥検査装置2は、検査対象物である磁気記録媒体Mを載置固定した状態でスライドベース12を自動欠陥検出装置4と精密検査装置6との間を移動させる装置間搬送装置11、および、スライドベース12上を2次元的に移動するXYテーブル14を有し、検査対象物搬送装置7を形成している。

【0020】このXYテーブル14には、その上面に磁気記録媒体Mを位置決めして載置する載物台20（図3および図4参照）が配置されている。この載物台20は、表面が平滑に仕上げられた磁気記録媒体Mを正確な位置に安定して載置固定できる形状となっており、例えば、回転する磁気ディスクのような円盤状の磁気記録媒体の場合には、図3（b）に示すように、中央にテーパー状の突起を設け、この突起に磁気ディスクの中心穴を嵌合して位置決めするようになっている。そして、本実施例では、この載物台20は左隅部を原点Oを中心とする直交座標系（x-y座標系）が設けられる。このXYテーブル14は、制御装置9からの制御信号によって制御され、スライドベース12上で自在に移動する構成となっている。例えば、 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ のストロークで自在に移動する。また、スライドベース12は、制御装置9からの制御信号によって制御され装置間搬送装置11によって、自動欠陥検出装置4と精密検査装置6との間を移動する構成となっている。従って、XYテーブル14は、制御装置9からの制御信号によって制御され、検査対象物である磁気記録媒体Mを所望の位置に移動する。このようなXYテーブル14の移動は、XYテーブル14の初期状態における原点Oの位置を基準としたx-y座標系の座標値に基づいて行われる。

【0021】自動欠陥検出装置4は、XYテーブル14上の載物台20に載置された検査対象物である磁気記録媒体Mの表面に対して直角に平行光線を照射する平行光源22と、検査対象物の表面からの反射光を集束するテ

レセントリック光学系 24 a を有する光学系 24 と CCD 撮像素子を有する CCD カメラ 26 からなる撮像装置 23 と、画像処理装置 27 とから構成されている。平行光源 22 は、図 6 に示されるように、LED 22 a、開口絞り 22 b、コリメータレンズ 22 c およびハーフミラー 22 d を有して構成される。LED 22 a から出射した光は、制御装置 9 からの制御信号に応じて開口絞り 22 b によって光量が調整され、コリメータレンズ 22 c を通過して平行光とされ、さらに、この平行光に対して 45 度の傾斜角度で配置されたハーフミラー 22 d によって図 6 中の下方に向けて反射され、磁気記録媒体 M の表面に対して直角に平行光線を照射するように構成される。

【0022】撮像装置 23 の光学系 24 は、テレセントリック光学系 24 a と、焦点調整機構 24 b と開口絞り 24 c を有して構成される。テレセントリック光学系 24 a は、鏡筒 24 d に配置され複数のレンズを有する焦点距離の長い光学系である。平行光源 22 から照射された平行光は磁気記録媒体 M で反射しハーフミラー 22 d を透過するが、テレセントリック光学系 24 a は、この磁気記録媒体 M からの反射光を、CCD カメラ 26 の受光面上に結像させる。焦点調整機構 24 b は、CCD カメラ 26 上に結像する像の焦点位置を調整する。開口絞り 24 c は、CCD カメラ 26 結像直前の鏡筒 24 d 内に配置され、制御装置 9 からの制御信号に応じて絞り量を可変する構成となっている。

【0023】CCD カメラ 26 は、公知の CCD カメラが用いられ、例えば、2/3 インチサイズで、視野 8.6 mm × 6.9 mm であり、ピクセル分解能が 6.7 μm で、1300 画素 × 1030 画素サイズの画像を撮像するプログレッシブスキャンカメラが用いられる。従って、後述する画像処理装置 27 において、10 μm ~ 500 μm の大きさの欠陥を検出することができる。ここで、欠陥の大きさとは、1 つの欠陥の領域を内包する最小の円弧の直径の大きさをいう。また、CCD カメラ 26 は、磁気記録媒体 M の表面を CCD カメラ 26 の撮像視野と同じかこれより僅かに小さな複数個のエリアに分割してエリア毎に順番に撮像するので、XY テーブル 14 が、制御装置 9 の制御信号に従って移動して停止する度に撮像し、最終的に検査対象物の全面を撮像する。CCD カメラ 26 は、得られた撮像画像の画像信号を、撮像の度に AD 変換して画像処理装置 27 に送る。

【0024】画像処理装置 27 は、CCD カメラ 26 で撮像された画像を画像処理して磁気記録媒体 M の表面の欠陥を検出し、欠陥の位置情報を記録する装置である。画像処理装置 27 は、CCD カメラ 26 で撮像された画像に対して所定の空間周波数より低い周波数成分を除去するハイパスフィルタ処理を、必要に応じて行った後、予め設定した閾値を用いて画像信号を 2 値化処理し、磁気記録媒体 M における凹凸の表面欠陥を検出する。

【0025】すなわち、磁気記録媒体 M で反射された反射光は、鏡筒 24 d 内のテレセントリック光学系 24 a、焦点調整機構 24 b および開口絞り 24 c を通過して CCD カメラ 26 で受光されるが、磁気記録媒体 M に凹凸の表面欠陥がある場合、この部分で反射された反射光は反射角度が検査対象面に直角でなく傾斜角度が付き、鏡筒 24 d 内を通過中、鏡筒 24 d 内で光軸からはずれ開口絞り 24 c で除去される。このため、表面欠陥部分は信号レベルの低い画像信号となる。画像処理装置 27 は、このことを利用して所定の閾値と画像信号信号値とを比較して、画像の 2 値化処理を行い、画像信号値が所定の閾値より低い領域を、欠陥と判断する。

【0026】また、2 値化処理前に、ハイパスフィルタ処理を必要に応じて施すのは、フレキシブルな磁気記録媒体 M が僅かに波打ったり反るなど変形し、画像信号に大きなうねり、つまり低周波成分が発生し、また、平行光源 22 の光量分布が一定でないため低周波成分が発生し、画像信号の信号レベルの大小で判断する 2 値化の処理に際し、低周波成分の変動は欠陥の検出の誤差要因となるからである。このようなハイパスフィルタ処理は、画像信号を画像の画素空間領域で処理するものであり、例えば、注目画素を中心とする一定画素空間領域の画像信号の信号値に重み付け係数を用いて重み付けを行って加算することで、注目画素のフィルタ処理値を得るデジタルフィルタの処理方法によって行われる。このようなハイパスフィルタ処理によって、従来欠陥検出や欠陥検査が困難であったフレキシブルな試料についても、欠陥の検出や欠陥の精密検査が可能となる。なお、ハイパスフィルタ処理に用いる重み付け係数は、カットオフ周波数やフィルタ特性に応じて変えることができる。こうして 2 値化処理された処理画像を用いて欠陥を検出する。さらに、検出された欠陥から、図 4 や図 5 に示す原点 O を中心とする x-y 座標系における欠陥領域の中心位置やその代表点等の座標情報を求めて欠陥の位置情報とし、画像処理装置 27 の図示されない記録部に記録する。また、必要に応じて 2 値化処理された処理画像や 2 値化処理前の画像も記録することができる。

【0027】また、画像処理装置 27 は、図 4 や図 5 に示されるように複数個に分割されエリア毎に順番に撮像された画像信号が CCD カメラ 26 から送られてくる度に、上記欠陥の検出や欠陥位置情報の抽出を逐次行い、最終的に磁気記録媒体 M の欠陥検出の対象とする表面全面について行う。こうして記録された欠陥の位置情報等は記録され、また、まとめられ、表示装置 5 に送られる。

【0028】また、画像処理装置 27 は、制御装置 9 と協働して、後述するように、実際に検査する検査対象物と同等のもので、表面に検査の基準となる所定の形状と大きさの欠陥を有するワークサンプルを CCD カメラ 26 で撮影し、このワークサンプルの撮影画像に画像処理

を施し、開口絞り22bや開口絞り24cの絞り量や上記2値化処理のための閾値の設定を自動的に行う。また、図示されないマウスやキーボード等の入力手段を用いて、開口絞り22bや開口絞り24cの絞り量や閾値はマニュアル設定されてもよく、その際、表示装置5に撮影された画像処理の施された画像を見ながら、オペレータによって手動で行われる。

【0029】表示装置5は、CCDカメラ26で撮影された画像や、画像処理装置27において2値化処理された処理画像や、2値化処理された処理画像より抽出された欠陥の位置情報を、制御装置9および画像処理装置27と連動して表示する。また、XYテーブル14の撮像のための移動を設定するための各種条件設定画面を表示する。欠陥の位置情報の表示は、抽出されたx-y座標系における座標情報が数値として表示される場合や、磁気記録媒体Mの検査表面全体における検出された欠陥の位置の分布が視覚的に表示される欠陥マップ画面が表示される場合や、その両方が表示される場合がある。

【0030】図7には、円盤状の磁気記録媒体Mに関する欠陥マップ画面Aと欠陥位置の座標情報Bが表示装置5に同時に表示された画面の一例が示されている。ここで、図示されないマウス等の入力手段を用いて、ラベリングされた欠陥位置の座標情報Bの中から位置座標を指定してクリックすると、その位置座標の表示が白黒反転し、これに対応して欠陥マップ画面A内の欠陥の位置を示すドットにマーキングが付される(点線で表された矩形マーク)。また、欠陥マップ画面A内の欠陥位置を示すドットをクリックすると、このドットにマーキングが付され、これに対応して欠陥位置の座標情報Bの中の対応する欠陥の位置座標が白黒反転して表示される。このようにして、欠陥位置の座標情報Bや欠陥マップ画面Aを用いて欠陥を指定すると、XYテーブル14は、後述するように、精密検査装置6の検査位置に指定した欠陥を精密検査装置6の検査位置に移動して位置決めする。

【0031】精密検査装置6は、自動欠陥検出装置4で検出した欠陥を詳細に検査するためのものであって、欠陥を詳細に検査するのに適した各種の高倍率の顕微鏡28を使用することができる。自動欠陥検出装置4において磁気記録媒体Mの欠陥検出のための撮像がすべて終了した後、装置間搬送装置11によってスライドベース12が精密検査装置6下方に搬送される。精密検査装置6は、欠陥の形状のみならず欠陥の高さ(深さ)を検出するために、3次元的に観察可能な顕微鏡とすることが望ましく、例えば、微分干渉顕微鏡および2光束干渉顕微鏡をユニバーサルリボルバー等により切り換え可能にした顕微鏡などが最も好適に使用することができる。また、光干渉やレーザーを用いた形状計測器やAFM(原子間力顕微鏡)なども使用することができる。また、精密検査装置6で倍率を上げて検査される欠陥の画像を撮影するためのCCDカメラ32を有し、撮影された画像

は、画像処理装置27に送られて、必要に応じて各種画像処理が行われ、図示されない記録部に記録されるとともに、表示装置5に送られ画像表示される。

【0032】制御装置9は、CPUを有し、定められたシーケンスに基づいて、装置間搬送装置11やXYステージ14の移動を制御信号で制御する他、自動欠陥検出装置4における開口絞り22bや開口絞り24cの絞り量やCCDカメラ26の撮像動作、さらには画像処理装置27における画像処理等を制御信号で制御する他、自動検出装置4、精密検査装置6および表示装置5間の各種動作を制御する部分である。

【0033】次に、本発明の表面欠陥検査方法について、表面欠陥検査装置2に基づいて、説明する。図5は本発明の表面欠陥検査方法を示すフローチャートである。最初に、準備工程(ステップ40)として、所定の形状と大きさの欠陥を有するワークサンプルによって自動欠陥検出装置4の平行光源22の開口絞り22bの絞り量や光学系24の開口絞り24cの絞り量や画像処理装置27における2値化処理のための閾値などのレベルを調整する。このワークサンプルは、実際に検査する検査対象物と同等のものであって、同じ寸法(特に厚さ寸法)や表面状態を有しており、その表面には、検査の基準となる所定の形状と大きさの欠陥を有するものを使用する。この欠陥は、載物台20の原点Oに対する座標位置を明らかにして自動的に欠陥の位置を自動欠陥検出装置16の視野内に位置決めするか、欠陥の周囲にマーキングして欠陥の位置を自動欠陥検出装置16の視野内に容易に位置決めできるようにすることが望ましい。

【0034】また、このワークサンプルの欠陥の位置を自動欠陥検出装置16の視野内に位置決めする際に精密検査装置6を使用することも可能である。この場合には、精密検査装置6の顕微鏡28の対物レンズを低倍率の微分干渉顕微鏡に切り換え、検査対象物を載置したXYテーブル14の載物台20をこの顕微鏡28の下方に配置し、顕微鏡28でワークサンプルの欠陥を直接目視して確認する。そして、XYテーブル14を所定の距離(精密検査装置18と自動欠陥検出装置16との距離)だけ移動することによって、容易かつ正確にワークサンプルの欠陥の位置を自動欠陥検出装置16の視野内に位置決めすることができる。

【0035】このワークサンプルを使用して、自動欠陥検出装置16のテレセントリック光学系24の焦点位置を調整し、平行光源22の明るさやCCDカメラ26の受光する光量を調整するために開口絞り22bや開口絞り24cの絞り量を設定するとともに、必要に応じてハイパスフィルタを選択して、撮像された画像が適正な明るさで欠陥をCRT等の表示装置5に明瞭に表示できるように調整する。そして、この画像を設定した閾値で2値化して表示装置5に欠陥が正確に検出されることを確認するとともに、必要に応じて閾値を調整する。このよ

うにして、撮像された画像または2値化された処理画像を原点Oに対する座標位置とともに表示装置に表示する。

【0036】このようにして自動欠陥検出装置16の初期調整を行い、準備工程(ステップ40)が終了した後、実際の検査作業を開始する。検査作業は次のようにして行われる。ここで、検査対象物はHI-FDやZIPのような表面が平滑に仕上げられた平面状の磁気記録媒体Mである。磁気ディスク等の磁気記録媒体Mは、その種類によって磁気記録面の光の反射率が大幅に異なるので、前述した準備工程(ステップ40)においては、

【0037】以下、フロッピーディスクの磁気ディスクのようなフレキシブルな環状の磁気記録媒体Mを検査対象物としたときの検査手順を以下に説明する。ここで、フロッピーディスクの磁気ディスクは、図3に示す環状の磁気記録媒体であるが、図5に示す方形の磁気記録媒体であっても同様の検査手順となるので、ここでは、円盤状の磁気記録媒体Mを検査対象物としたときの検査手順を説明する。

【0038】図3に示すように、検査対象物であるフロッピーディスクの磁気ディスク30は、XYテーブル14上の載物台20に載置され、最初に自動欠陥検出装置16の下方に位置して自動欠陥検出工程(ステップ42)が行われる。自動欠陥検出工程(ステップ42)は、撮像工程(ステップ44)と欠陥検出工程(ステップ46)とからなり、撮像工程(ステップ44)では、まず、CCDカメラ26が、磁気記録媒体Mの表面をCCDカメラ26の撮像視野と同じかこれより僅かに小さな複数個のエリアに分割してエリア毎に順番に撮像するので、XYテーブル14が、検査対象物の全面を効率よく移動するように、表示装置5に表示された入力画面を見ながら図示されないマウスやキーボードを用いて、磁気記録媒体Mの形状(環状か方形か)、載物台20の原点Oに対する中心位置の座標、外径および内径(方形の場合には長辺と短辺)や非検査エリアの指定等を制御装置9に入力する。こうして制御装置9のCPUは、最適なスキャン経路を算定し、このスキャン経路に沿ってエリア30a単位でXYテーブル14の移動を制御し、非検査エリアをジャンプして検査対象物の全面を撮像させる。例えば、撮像のための移動は、ラスタースキャン方式で行われる。

【0039】載物台20に載置固定された磁気記録媒体Mの表面に直角に平行光源22から平行光線が照射され、磁気記録媒体Mの表面で反射された反射光は、焦点距離の長いテレセントリック光学系24(図2参照)を透過する。このテレセントリック光学系24の倍率は、

磁気ディスク30の表面に発生する欠陥を検出する最小大きさやその個数などによっても異なるが、一般的には1倍程度とすることが望ましい。このテレセントリック光学系24を通過した反射光は、焦点が調整され、開口絞り24cで所定の光量に絞られる。

【0040】光学系24を通過した反射光を取り込んで撮像するCCDカメラ26(図2参照)は、プログレッシブスキャンカメラであって、本実施例では、テレセントリック光学系24の倍率を1倍としたときに、視野が8.6mm×6.9mmであり、ピクセル分解能が6.7μmのものを使用している。従って、画像処理装置27において、10μm～500μmの大きさの欠陥を検出することができる。そして、XYテーブル14上の載物台20に載置された磁気記録媒体Mは、CCDカメラ26の視野と同じかこれより僅かに小さな複数個のエリア30a(図3参照)に分割され、このエリア30a毎にCCDカメラ26で、例えば矢印で示すように、順番にスキャン(ラスタースキャン)して撮像される。もちろん、磁気記録媒体Mの存在しない部分、例えば磁気記録媒体Mの外径の外側や内径の内側はジャンプして撮像しない。

【0041】欠陥検出工程(ステップ46)では、この撮像された画像を画像処理装置27に供給してエリア30a毎に、準備工程(ステップ40)で設定されたハイパスフィルタで処理し、所定の閾値で処理して2値化し、この2値化した処理画像によって磁気記録媒体Mの表面に発生した欠陥を検出する。この欠陥の検出は、欠陥の反射率が、それが突起であれ凹部であれ、周囲の平滑な表面と異なり平滑面に垂直方向の反射率が減少することを利用して行われる。すなわち、平滑な表面では磁気記録媒体Mの表面に対して直角に照射された光は、そのまま反射してテレセントリック光学系24を通過するが、欠陥の部分に照射された光は、欠陥の表面で乱反射したり傾斜して反射し、テレセントリック光学系24aを通過する光量が減少する。

【0042】したがって、CCDカメラ26で撮像された画像は、欠陥の部分が暗くなった画像となる。これを画像処理装置27においてハイパスフィルタ処理等の画像処理を行い、設定された閾値に基づいて2値化すると、欠陥の部分のみが黒い画像となって欠陥を検出することができる。検出した欠陥は、その欠陥の面積や、載物台20の原点Oに対する中心位置やその代表点等の座標情報を計算して抽出し、図示されない記録部に記録される。こうして、磁気記録媒体Mの検査表面をすべて撮像して、欠陥の検出を行い、記録部に記録された欠陥の位置情報をまとめ、欠陥の位置情報を表示装置5に送る。表示装置5には、欠陥の形状や大きさや欠陥の位置等を表示するために、撮像された画像または2値化された処理画像を表示してもよい。

【0043】エリア30aの境界線上にある欠陥は、隣

接するエリアで撮像された画像と一体にして欠陥を検出することによって、境界線上にある欠陥の見落としを防止する。また、撮像されるエリア 30a が CCD カメラ 26 の視野より僅かに小さなエリアとして設定されているときは、エリア 30a の外側であって CCD カメラ 26 の視野内にある欠陥を検出することによって、境界線上にある欠陥を検出することができる。このようにして、磁気記録媒体 M の検査表面全体についての欠陥の検出を行い、自動欠陥検出工程（ステップ 42）が終了する。自動欠陥検出工程（ステップ 42）が終了すると、装置間搬送装置 11 は、制御装置 9 からの制御信号に従って精密検査装置 6 の下方にスライドベース 12 を搬送する。

【0044】次に、図 7 に示すように、欠陥検出工程（ステップ 46）で検出された欠陥の位置情報、例えば、欠陥マップ画面や欠陥の位置の座標が表示装置 5 に表示され（ステップ 48）、オペレータによる欠陥の指定を待つ。この表示された欠陥の位置情報から、精密検査を必要とする欠陥があるか、否かをオペレータは判断する（ステップ 50）。欠陥が検出されない場合や、欠陥の精密検査をすべて行った場合、さらには、欠陥の精密検査を必要としない場合は、表面欠陥検査装置 2 における検査は終了する。

【0045】欠陥は、一般に、磁気記録媒体 M の製造中の塗布膜の形成中に異物や凝集体が付着して突起状に盛り上がった、磁気テープ等の長尺な磁気記録媒体 M を巻き回して搬送する際、擦れて磁気記録媒体 M の長手方向に直線的に窪んだり、磁気記録媒体 M を巻いた時に異物を噛み込み、微小振動等でランダムに凹凸が付くことによって種々の欠陥の態様を有する。しかし、欠陥の発生位置や発生位置の分布や発生個数等から、欠陥の精密検査をするまでもなく欠陥の態様を、ある程度判断することもできるが、欠陥の発生頻度や発生位置や欠陥形状等から、欠陥の態様が通常と異なると判断される場合もある。この場合、異常と判断される欠陥を指定して精密検査を行う必要がある。

【0046】精密検査を必要とする場合、自動欠陥検出工程（ステップ 42）で検出された欠陥のうち、精密検査を必要とする欠陥の位置情報を用いて精密検査を行う欠陥の指定を行う（ステップ 52）。指定は、カーソルを、図 7 に示すような欠陥の位置情報の表示領域に合わせてクリックし、あるいは欠陥の位置を示す欠陥の番号を指定するなど任意の方法で指定することができる。このように、予め検査対象の表面全体の検出された欠陥の個数や発生位置やその分布を見ながら、所望の欠陥を指定して精密検査をすることができるので、精密検査の効率を向上することができる。

【0047】欠陥を指定すると、CPU によって制御される XY テーブル 14 の移動（ステップ 54）によ

検査位置に移動し、顕微鏡 28 の視野内に指定した欠陥が移動して停止する。そして、目視による精密検査工程 56 が行われる。この精密検査工程 56 は、欠陥の生成原因の解明や対策による効果確認等を行うものであって、自動的に検査すれば足りるものではないので、微分干渉顕微鏡と 2 光束干渉顕微鏡との切り換え、対物レンズを交換するレボルバーの回転、照明光の光量の調整、使用するフィルターの選択、干渉縞ゴニオ補正等の全ての操作が手動で行われる。そして、検査も目視によって行われ、精密検査の結果の判定も人間によって行われる。また、検査の結果を保存するために、CCD カメラ 32 を用いて精密検査で撮影された画像を画像処理装置 27 内に保存し、あるいは表示装置 5 に表示する。

【0048】精密検査工程 56 で使用される顕微鏡 28 は、前述の微分干渉顕微鏡および 2 光束干渉顕微鏡を切り換え可能にした顕微鏡のみではなく、光干渉やレーザーを用いた形状計測器や AFM（原子間力顕微鏡）も使用してもよい。また、顕微鏡 28 に置き換えて使用し、あるいは第 2 または第 3 の精密検査位置を設けて光干渉やレーザーを用いた形状計測器や AFM を併せて使用してもよい。この場合、制御装置 9 にこれらの測定器の位置を記憶させておき、使用する測定器を指定するのみで、指定された欠陥の位置が測定器の測定位置に移動するようにすることが望ましい。このように、精密検査装置 6 では、検出された欠陥について所望の精密検査が行えるように、欠陥を正確に精密検査の検査位置に位置決めすることができるので、欠陥を容易に精密検査することができ、さらに、欠陥の発生原因の解明や対策の効果確認を容易に行うことができる。

【0049】以上、本発明の表面欠陥検査装置および表面欠陥検査方法について詳細に説明したが、本発明は上記実施例に限定はされず、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良および変更を行ってもよいのはもちろんである。

【0050】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、自動欠陥検出装置 4 によって微小なくぼみや突起等の欠陥を容易に検出することができるとともに、検出された欠陥の具体的な形状や大きさ等を精密検査装置 6 によって効率よくかつ容易に検査することができ、表面欠陥の発生原因の解明や対策による効果の判定等を効率よく行うことができる。さらに、極めて薄くフレキシブルな磁気ディスクや試料であっても、欠陥の検出や精密検査を容易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の表面検査装置の構成の一例を示す構成図である。

【図 2】 本発明の表面欠陥検査装置の機構部分の一例を示す平面図である。

【図 3】 図 2 に示す表面欠陥検査装置の機構部分の正

面図である。

【図4】 磁気ディスクのような環状の磁気記録媒体をXYテーブル上の載物台上に載置した状態を示す図であって(a)は平面図、(b)は断面図である。

【図5】 四角形の磁気記録媒体を検査対象物としてXYテーブルの載物台上に載置した状態を示す平面図である。

【図6】 図2および3に示す自動欠陥検出装置の要部を説明する図である。

【図7】 本発明の表面欠陥検査装置の表示装置で表示される画面の一例を示す図である。

【図8】 本発明の表面欠陥検査方法の一例を示すフローチャートである。

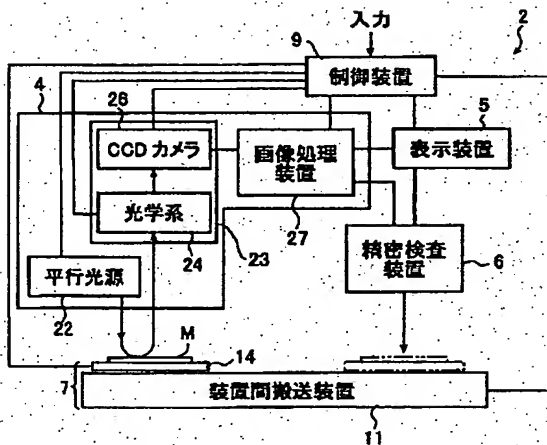
【符号の説明】

- 2 表面欠陥検査装置
- 4 自動欠陥検出装置
- 5 表示装置
- 6 精密検査装置
- 7 検査対象物搬送装置
- 9 制御装置

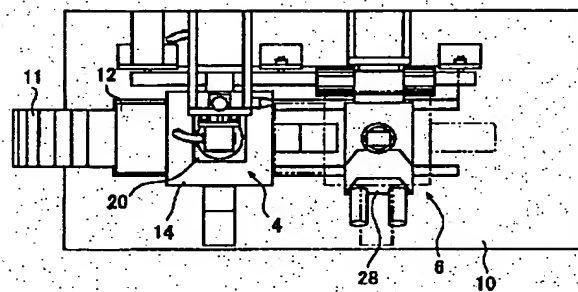
- * 10 基台
- 11 装置間搬送装置
- 12 スライドベース
- 14 XYテーブル
- 20 載物台
- 22 平行光源
- 22a LED
- 22b, 24c 開口絞り
- 22c コリメータレンズ
- 22d ハーフミラー
- 24 光学装置
- 24a テレセントリック光学系
- 24b 焦点調整機構
- 24d 鏡筒
- 26 CCDカメラ
- 27 画像処理装置
- 28 顕微鏡
- 30a エリア
- 32 CCDカメラ

*20

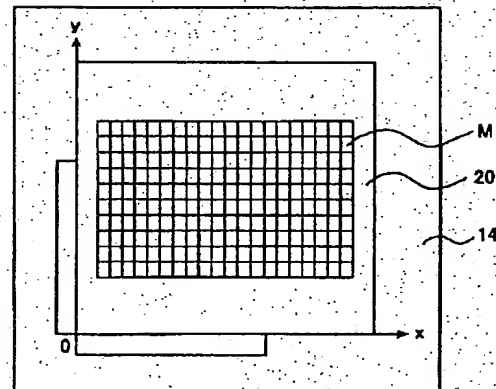
【図1】



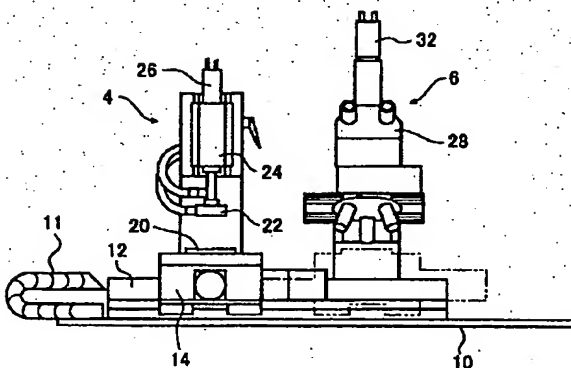
【図2】



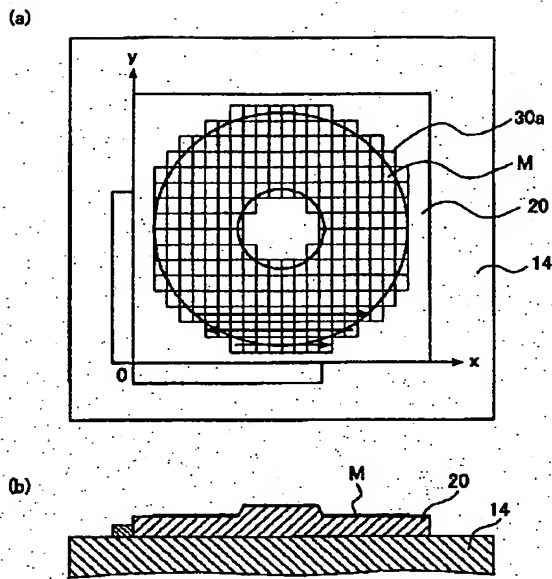
【図5】



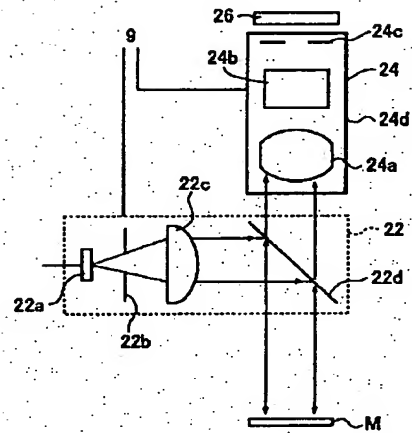
【図3】



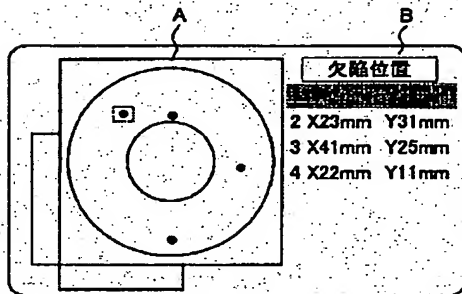
【図4】



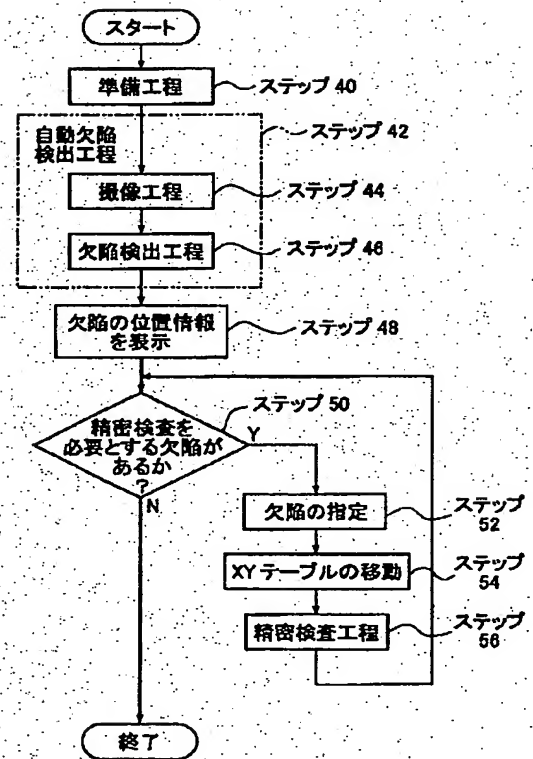
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA49 AA61 BB03 CC03 DD03
FF01 FF04 FF67 GG04 HH03
HH13 JJ03 JJ09 JJ26 LL00
LL59 MM03 NN03 PP12 QQ05
QQ25 SS04 SS13 TT02 UU04
UU05
2G051 AA71 AB07 AC02 BA10 BB07
BB15 CA04 CB01 EA08 EA11
EB01 EC01 FA01
5D112 AA24 JJ03 JJ05 JJ10